



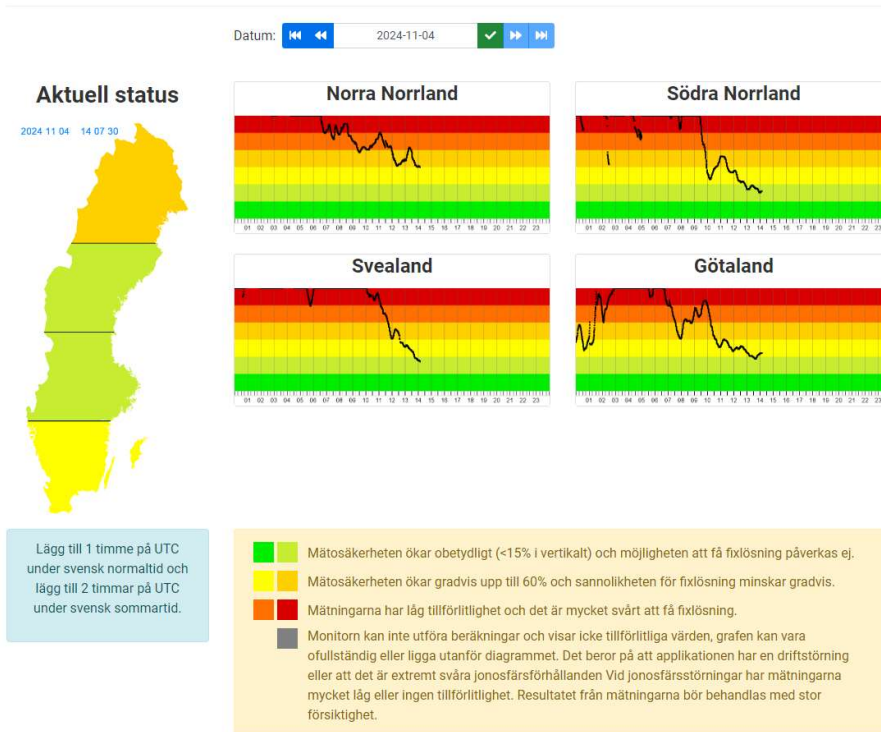
DEVELOPMENT OF SWEPOS IONOSPHERIC MONITORING SERVICE

MARTIN HÅKANSSON

MODERNIZING THE IONOSPHERIC MONITOR

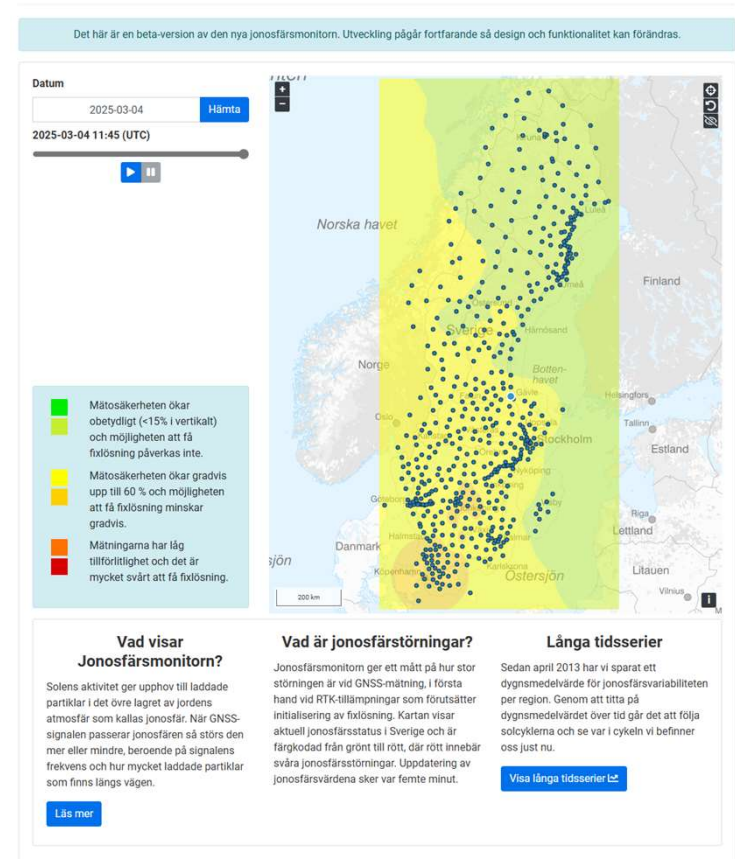
Jonosfärsmonitor

Jonosfärsmonitorn visar jonosfärens påverkan på GNSS/RTK-mätningar för olika platser i landet, både just nu och tillbaka i tiden.



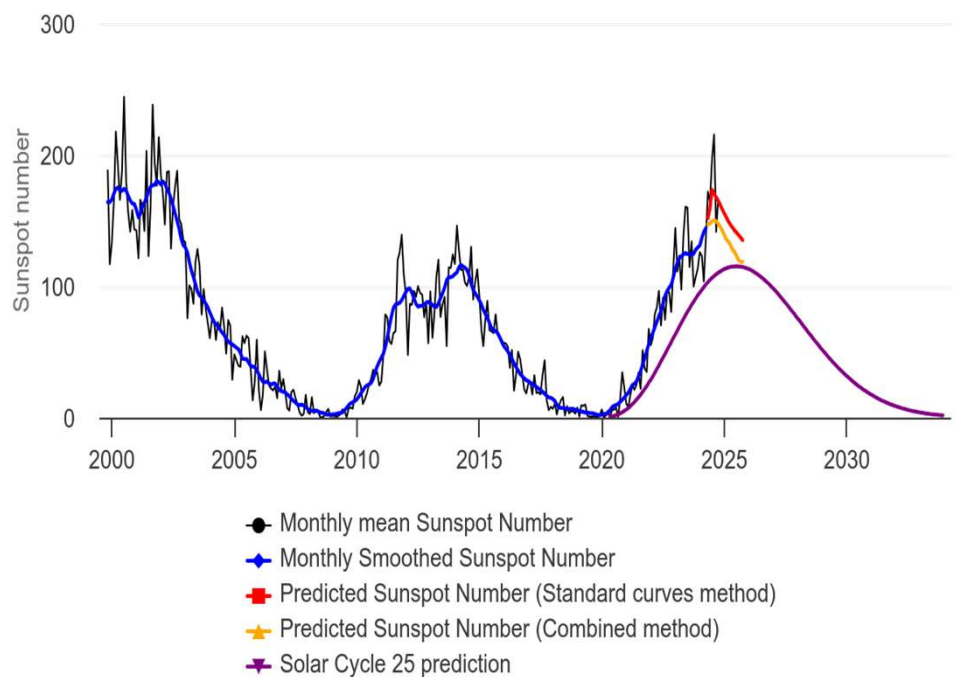
Jonosfärsmonitor

Jonosfärsmonitorn visar jonosfärens påverkan på GNSS/RTK-mätningar för olika platser i landet, både just nu och tillbaka i tiden.



SOLAR ACTIVITY'S EFFECT ON GNSS POSITIONING

Solar Cycle progression - Sunspot number



WDC-SILSO, Royal Observatory of Belgium, Brussels

Source: www.spaceweatherlive.com

Solar activity



Ionosphere

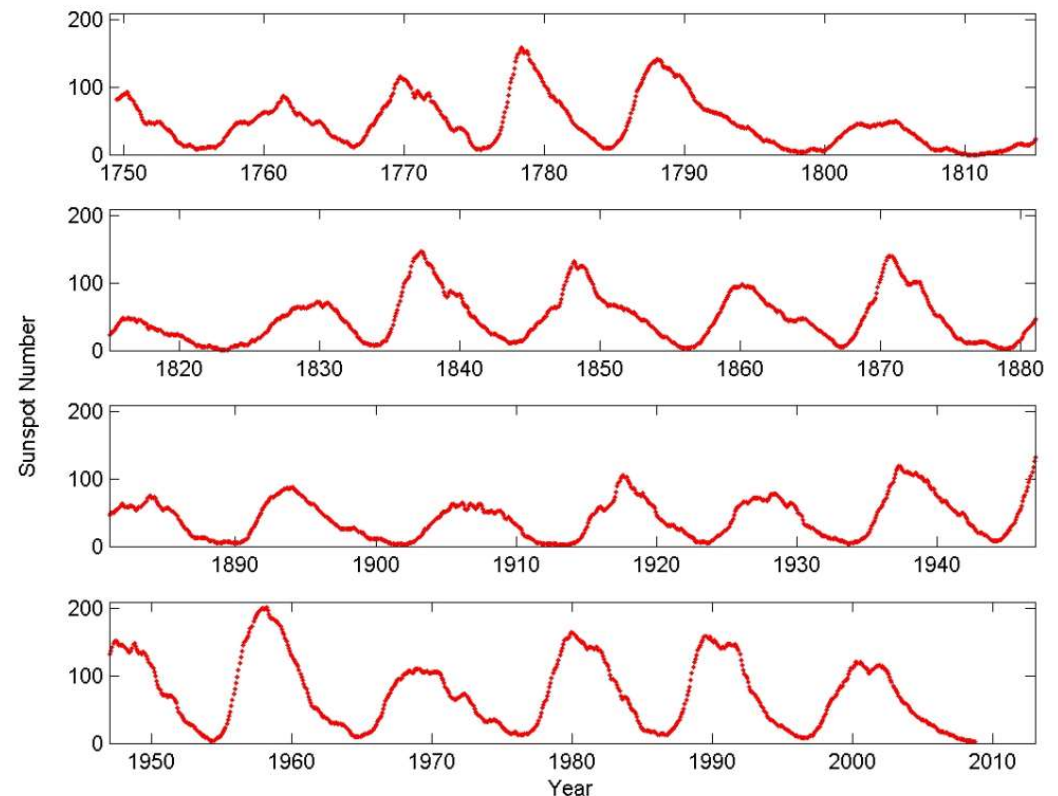


GNSS positioning

SOLAR ACTIVITY

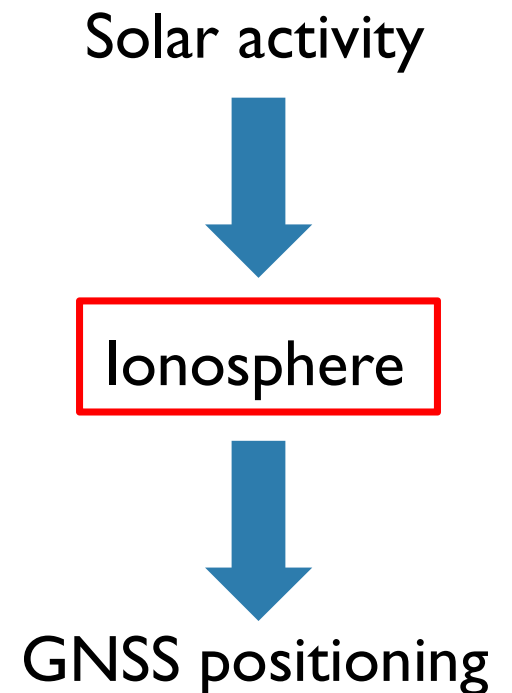
- The solar cycle has an average period of 11 years
- Solar activity is linked to the number of sunspots, with more UV radiation when there are many sunspots
- At solar maximum, the number of solar eruptions increases, leading to significantly increased radiation and coronal mass ejections

The Sunspot Cycle



THE IONOSPHERE

- Region in the atmosphere with large concentrations of electrically charged particles (ionized gas molecules and free electrons).
- Upper part of the atmosphere 50km – 1000km
- The presence of electrically charged particles in the ionosphere is an effect of ionizing UV and X-ray radiation from the sun
- The concentrations thus vary with the intensity of the sun's radiation
 - For example, lower concentrations at night and at higher latitudes
 - Solar eruptions at high solar activity



IMPACT ON GNSS

Effect:

- Ionized gas molecules and free electrons delay (or advance) the GNSS signal
- Dispersive (frequency-dependent) error source
- Impact size: Up to tens of meters

Handling:

- Ionospheric model (deterministic or determined from measurement)
- Linear combination of GNSS observables
- GNSS observations from nearby reference station

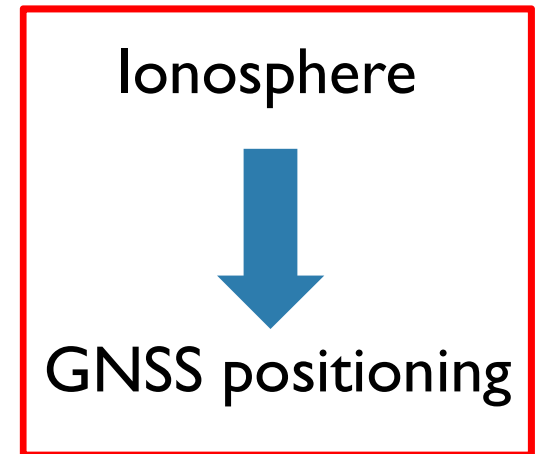
Solar activity



Ionosphere

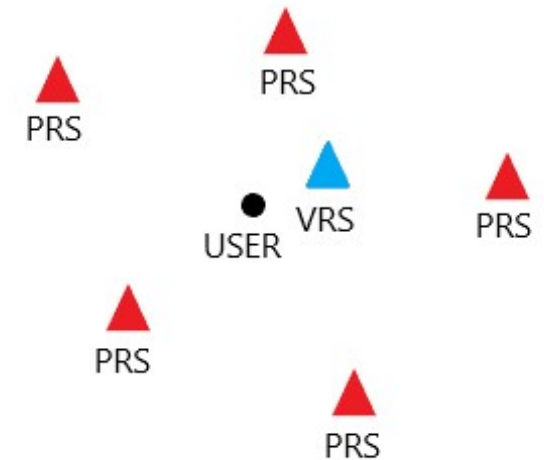


GNSS positioning



EFFECT ON NETWORK-RTK

- Network RTK relies on interpolation of atmospheric errors from known values at physical reference stations
- Expected interpolation error is connected with the spatial variability of the atmosphere (in this case the ionospheric part)
- Spatial variability will therefore provide meaningful information about expected positioning performance of Network-RTK



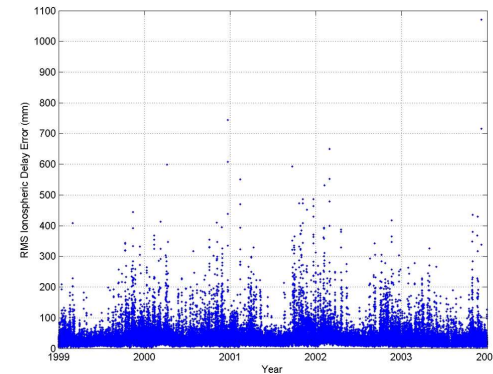
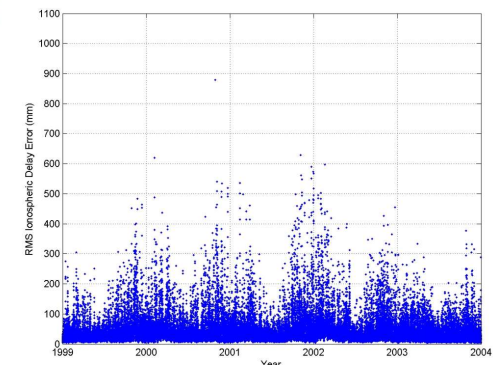
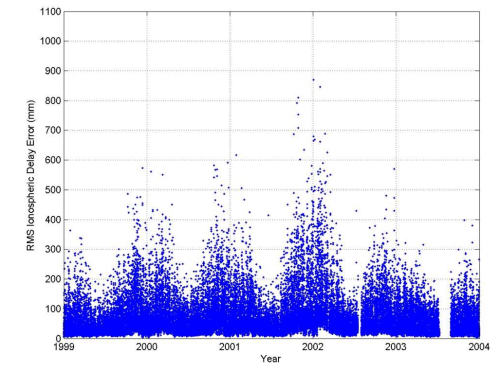
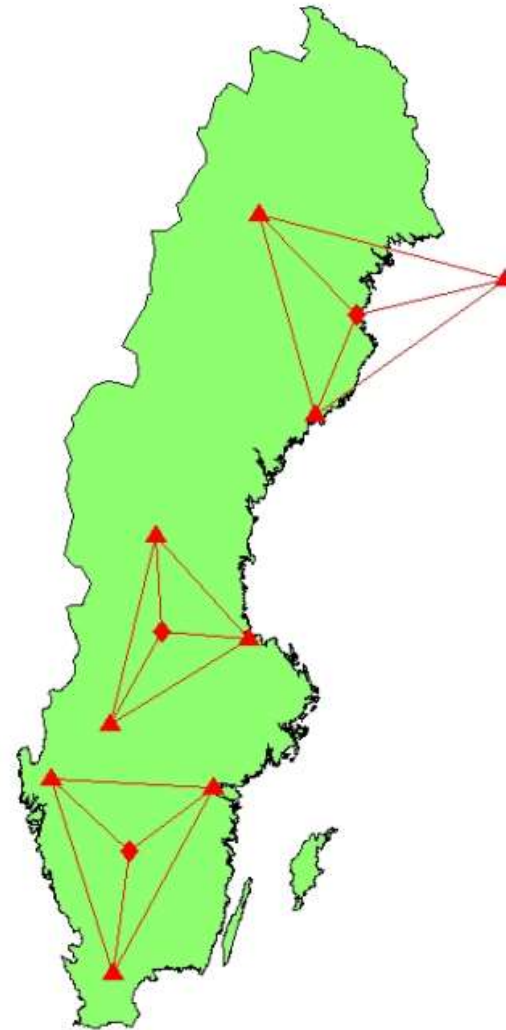
THE CLOSE II STUDY

- This study was conducted in a collaboration between Lantmäteriet, RISE, and Chalmers University of Technology before the solar maximum of 2012-2013 (cycle 24)
- In this study spatial variability and how it affects precise GNSS positioning was investigated

CLOSE II

Variability was examined by determining interpolation errors for three “triangles” of reference stations

	RMS	50%	90%	95%	99%	99.9%
Variability Total	17.1	7.5	24.9	35.6	63.5	112.8
Variability north	19.3	9.5	30.2	40.3	65.3	105.8
Variability mid	19.1	8.1	27.6	39.6	72.6	130.2
Variability south	12.2	6.0	16.1	22.6	45.5	88.8



SOME FEATURE REQUESTS FROM THE SWEPOS REFERENCE GROUP

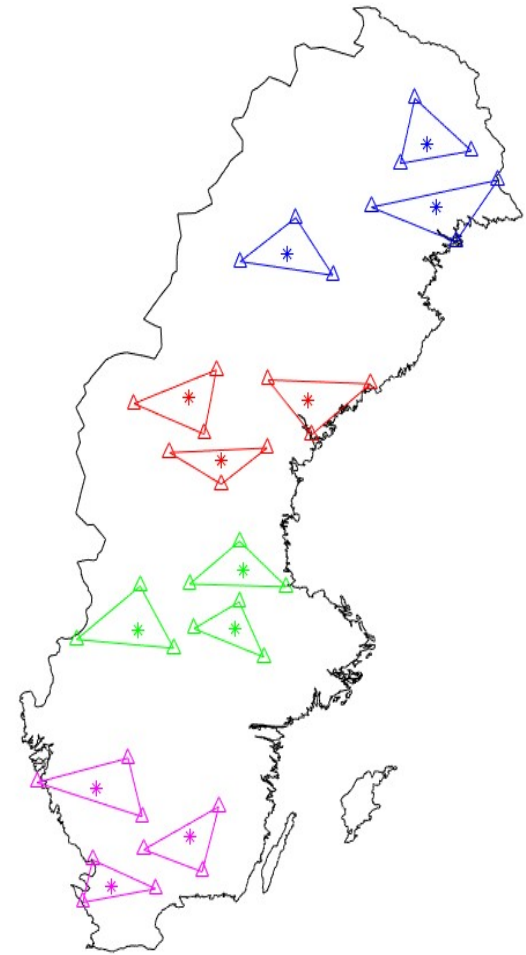
- Backward compatibility, some users rely on parts of the monitor remaining the same
- Mobil adaptation
- Prediction
- More satellite systems and frequencies
- Improved map functionality
- Notification to users at high ionospheric variability

PLAN FOR MODERNIZATION

- **Milestone 1 (2024):**
 - Interactive map with layers
 - Many GNSS constellations
- **Milestone 2 (2025):**
 - Web API
 - Time series for any day and coordinate in Sweden
 - TEC and ROTI
 - Reimplement old monitor
- **Milestone 3 (2025-2026):**
 - Notification to users about high ionospheric variability
 - Prediction

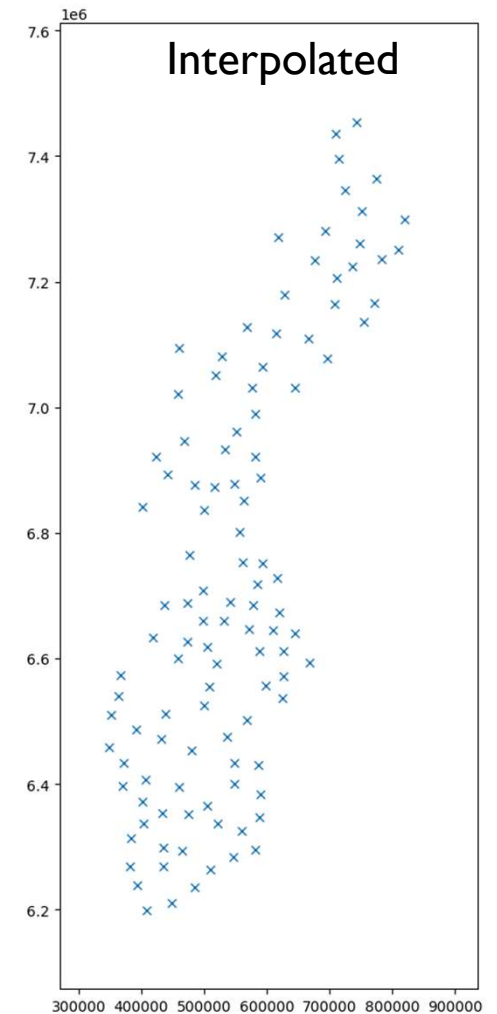
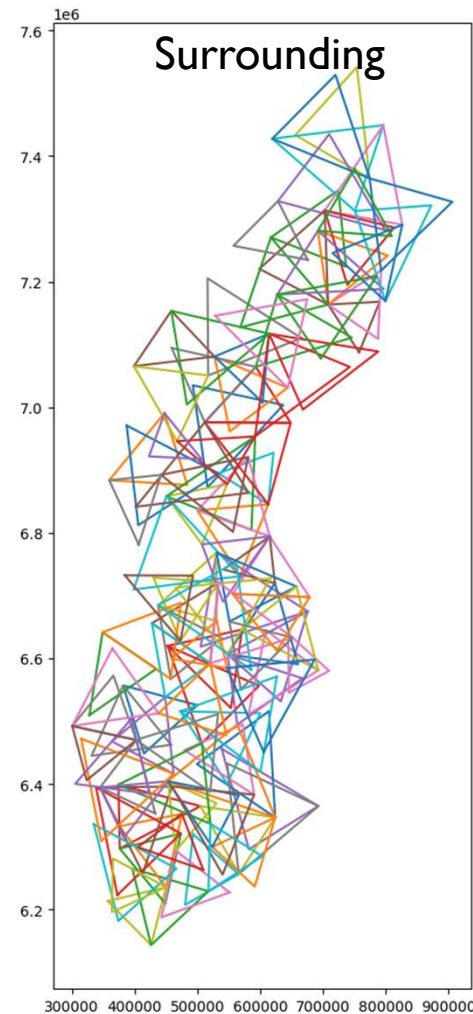
ESTIMATION OF VARIABILITY IN CURRENT MONITOR

- Redundancy with 3 triangles per region
- Most recent hour of 30s observations from each station is used for the estimation
- From these stations the L4 combination which eliminates the geometry dependent terms is calculated
- Standard deviations of the differences between actual and interpolated L4 are used for estimation of the variability



ESTIMATION OF VARIABILITY IN THE NEW MONITOR

- Estimation is done in the same way as in current monitor
- No separate regions anymore
 - 112 triangles
 - 266 stations in total
- The color codes have the same meaning as in the current monitor, i.e.
 - Normalized for 70km network
 - Only GPS currently
 - Same scale for layer colors



FIRST BETA VERSION

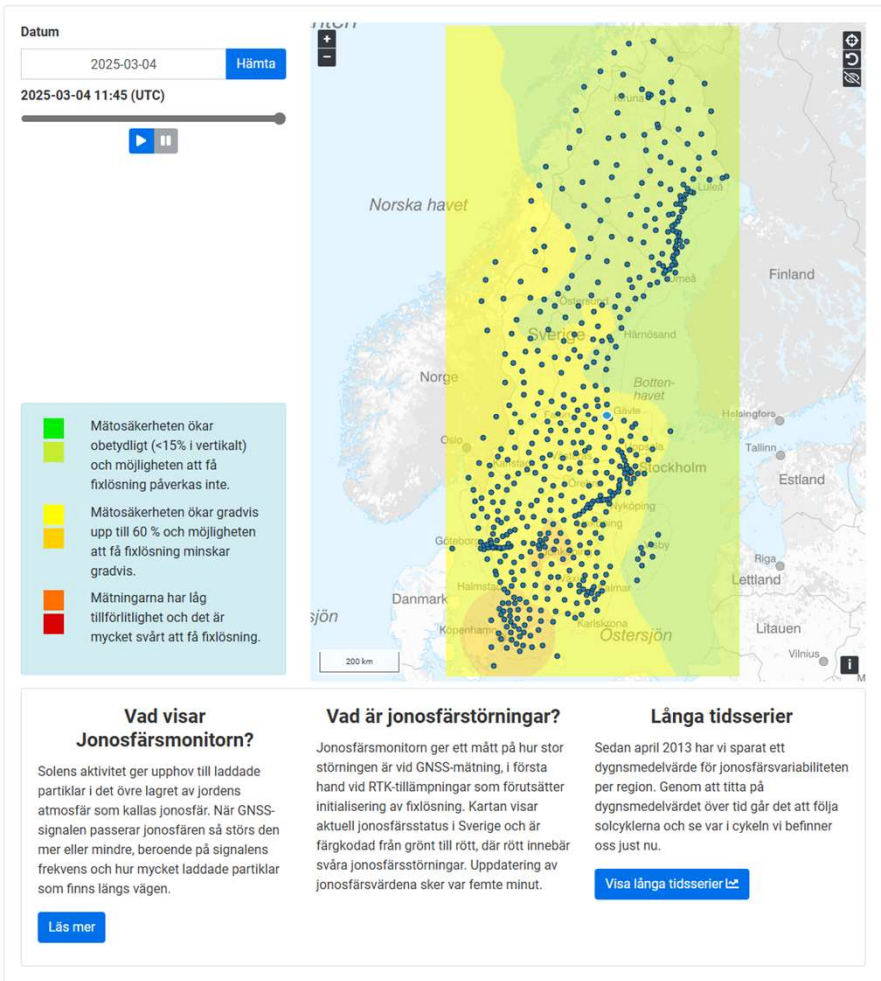
<https://swepos.lantmateriet.se/services/ionomonitor.aspx>

- The first release includes an interactive map with interpolated variability over Sweden
- Replay ionospheric variability for any day
- Long time series stretching back to 2013
- This version was release in December 2024

Jonosfärsmonitor

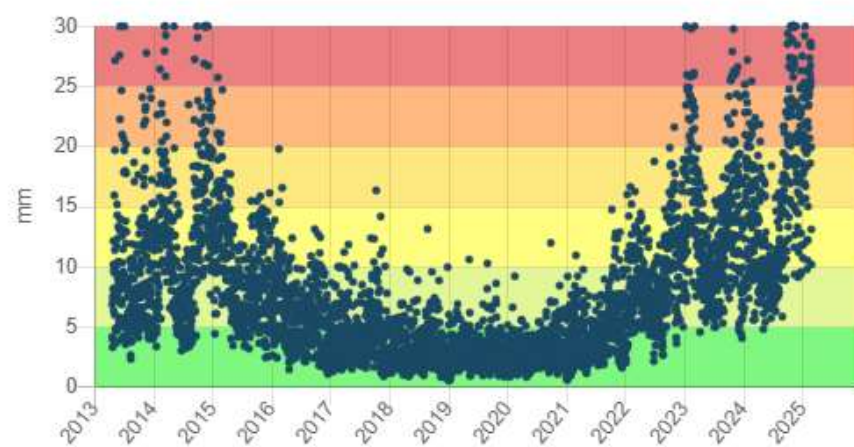
Jonosfärsmonitorn visar jonosfärens påverkan på GNSS/RTK-mätningar för olika platser i landet, både just nu och tillbaka i tiden.

Det här är en beta-version av den nya jonosfärsmonitorn. Utveckling pågår fortfarande så design och funktionalitet kan förändras.



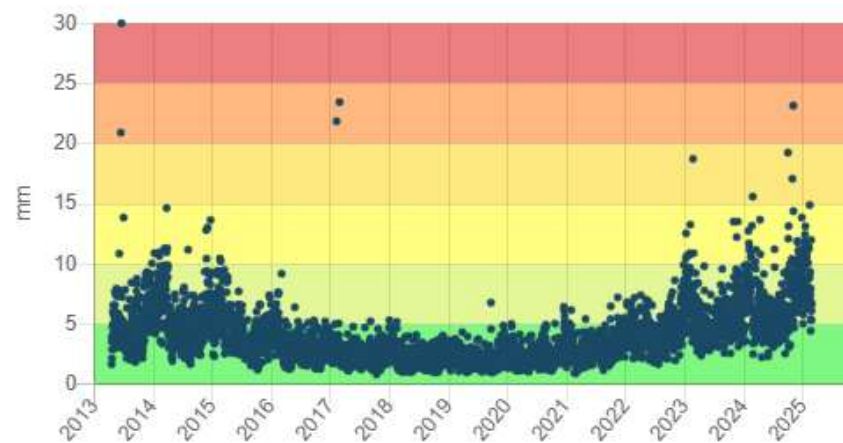
LONG TIME SERIES

Norra Norrland



Northern Sweden

Götaland



Southern Sweden

THANK YOU!

WEBBPLATS www.lantmateriet.se

KONTAKT www.lantmateriet.se/kontakt

TELEFON 0771-63 63 63

LINKEDIN www.linkedin.com/company/lantmateriet

FACEBOOK www.facebook.com/lantmateriet

INSTAGRAM www.instagram.com/lantmateriet



EXEMPEL PÅ WEBBTILLGÄNGLIG LAYOUT

OBS! DEN HÄR SIDAN SKA TAS BORT NÄR DU LÄST KLART

Läsriktningen ska alltid vara i den här ordningen:

1. Rubriken
2. Texten
3. Bilden

Skriv alternativtext för dina bilder genom att högerklicka på bilden och välja *Redigera alternativtext*.

Skriv namn på dina avsnitt för att sidorna ska kunna läsas i rätt ordning. Högerklicka på sidor i vänsterfältet. Välj *Lägg till avsnitt*, skriv önskat namn.

[Länk till handledning steg för steg på intranätet.](#)

LANTMÄTERIET

EXEMPEL PÅ TILLGÄNGLIG LAYOUT


- Texten ska alltid komma först på sidan efter Rubriken för att kunna läsas upp med skärmhjälpsmedel enligt tillgänglighetsdirektivet. Sen efter lägger du in bild du önskar.
- Skriv alternativtext för dina bilder. Kolla exempel ner (högerklicka på bilden och välj *Redigera alternativtext*)
- Skriv namnet på dina avsnitt för att bilderna ska kunna läsas i rätt ordning. Högerklicka på sidor i vänsterfältet. Välj *Lägg till avsnitt* skriv önskat namn på alla.



LANTMÄTERIET

EXEMPEL PÅ TILLGÄNGLIG LAYOUT

- Texten ska alltid komma först på sidan efter Rubriken för att kunna läsas upp med skärmhjälpsmedel. Sen efter lägger du in din bild.
- Skriv alternativtext för dina bilder. Högerklicka på bilden och välj *Redigera alternativtext*
- Skriv namnet på dina avsnitt för att bilderna ska kunna läsas i rätt ordning. Högerklicka på sidor i vänsterfältet. Välj *Lägg till avsnitt*, skriv önskat namn på alla.



INFORMATIONSSIDA OM FÄRGER

OBS! DEN HÄR SIDAN SKA TAS BORT NÄR DU LÄST KLART

Tänk på att du måste följa webbtillgänglighetsdirektivet när det gäller användning av färger och ha **rätt textfärg på rätt färgbakgrund**. Det gäller även symboler, skisser, diagram m.m. Här har du en färgskala som ska användas samt vilken textfärg som blir läsbar med respektive färg.

Den röda färgen är endast avsedd för våra varumärke (logotyp och platsmarkör) och ska inte användas i något annat sammanhang.

[Länk till intranätet för att se färger i större skala](#)

PROFILFÄRG



PRIMÄRFÄRG



ACCENTFÄRGER



INFORMATIONSSIDA OM ÖVRIGA GRAFISKA ELEMENT

OBS! DEN HÄR SIDAN SKA TAS BORT NÄR DU LÄST KLART

Skisser, diagram, illustration med mera ska sparas som separata powerpointbilder. Då kan du ta fram originalbilden igen, uppdatera och göra ändringar och spara som en ny powerpointbild.

När du är klar med din grafik klipper du ut den del du vill använda med hjälp av skärmsklippverktyget, finns i programkatalogen, och sparar som en bild. Sedan kan du behandla grafiken som en bild i ditt bildspel, det vill säga infoga den och *Redigera alternativtext*.

Exempel till höger är en skiss som är sparad som en bild.
Högerklicka på den för att läsa Alternativtext.

